

PD 資格試験実施から 13 年の実施状況

Current status of Japanese PD examination for 13 years

電力中央研究所 渡辺 恵司 Keiji WATANABE Member
電力中央研究所 東海林 一 Hajime SHOHJI Member

The PD Center of Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI) commenced performance demonstration examinations (PD examination) for flaw depth sizing of austenitic stainless steel pipes in March 2006. At the end of FY 2018, 50 examination sessions had been completed and 68 candidates had passed the examination. The total number of PD examinee including re-examination and re-certification was 116. Passed candidates can perform depth sizing of SCC flaws with a high level of accuracy. Mean of measurement error and the standard deviation for the unsuccessful candidate of PD examination tend to increase with increasing wall thickness of the PD specimen. The pass rate of the PD examinations is not depending on the age of the candidates.

Keywords: Performance Demonstration, Ultrasonic Testing, Crack Depth sizing

1. 背景

電力中央研究所 材料科学研究所 PD センターは、2006 年 3 月より日本非破壊検査協会規格 NDIS 0603:2005 の附属書 (現 NDIS 0603:2015 附属書 A) に従った、「軽水型原子力発電所用機器のオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部に対する亀裂高さ測定の PD 資格試験」を実施している。これまでに、2015 年度までの PD 資格試験結果を報告[1-3]した。本講演では、前報告以降 2018 年度までの PD 資格試験結果及び PD 資格試験結果から得られた受験者の傾向について報告する。

2. PD 資格試験の実施状況

2.1 PD 資格試験受験者及び合格者の推移

各年度の PD 資格試験回数、受験者数及び結果の推移を Fig.1 に示す。また、各年度の PD 資格試験回数、受験者数及び受験者の成績 (SCC 亀裂高さ (深さ) 測定値の平均自乗誤差 (Root Mean Square Error : RMSE)) を Table 1 に示す。NDIS 0603 上で再認証は、「資格の有効期限内に同じ手順書を用いて再度認証を受けること」と定義されており、「連続した更新による有効期限内、かつ、最大 10 年を超えない範囲で、PD 技術者は、認証機関によって再認証を受けることができる」と規定されている。この規定により、PD 資格を取得してから 10 年目の再認証受験申請者は、手続き上新規受験に分類されるが、本講演では

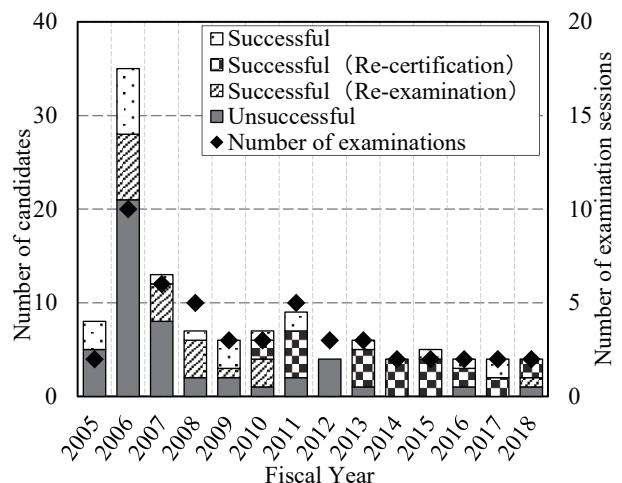


Fig.1 Year-by year distribution in the number of candidates, and examinations

PD 資格の有効期限あるいは手順書番号に拘らず、一度 PD 資格を取得した者が再度受験する場合を再認証として扱うこととした。RMSE は以下に示す(1)式で表されるもので、PD 資格試験受験者の探傷技量を示す指標である。

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - t_i)^2}{n} \right]^{\frac{1}{2}} \dots (1)$$

m_i : 第 i 番目の SCC 亀裂高さ (深さ) 測定値
 t_i : 第 i 番目の SCC 亀裂高さ (深さ) の真とする値
 n : SCC 亀裂の数

2016 年度から 2018 年度は、各年度 2 回の PD 資格試験

Table 1 PD examination result in each fiscal year

FY	Number of examinations	Number of candidates				Number of successful candidates (Pass rate)				FY	RMSE*			
		New		Re-certification		New		Re-certification			New		Re-certification	
		Re-examination	Re-examination	Re-examination	Re-examination	Re-examination	Re-examination	Re-examination	Re-examination		Re-examination	Re-examination		
2005	2	8	—	—	—	3	—	—	—	2005	3.49	—	—	—
2006	10	21	14	—	—	7	7	—	—	2006	5.19	2.94	—	—
2007	6	7	6	—	—	1	4	—	—	2007	4.81	2.51	—	—
2008	5	2	5	—	—	1	4	—	—	2008	3.15	2.04	—	—
2009	3	5	1	—	—	3	1	—	—	2009	3.29	—	—	—
2010	3	2	3	2	—	1	3	2	—	2010	2.52	1.51	1.92	—
2011	5	2	—	7	—	2	—	5	—	2011	2.51	—	3.27	—
2012	3	1	1	1	1	0	0	0	0	2012	—	—	—	—
2013	3	1	—	3	2	1	—	3	1	2013	—	—	1.94	2.40
2014	2	—	—	3	1	—	—	3	1	2014	—	—	1.37	—
2015	2	1	—	4	—	1	—	4	—	2015	—	—	2.04	—
2016	2	1	—	3	—	1	—	2	—	2016	—	—	2.01	—
2017	2	2	—	1	1	2	—	1	1	2017	1.26	—	—	—
2018	2	1	1	2	—	0	1	2	—	2018	—	—	1.27	—
Total	50	54	31	26	5	23	20	22	3	Average	4.24	2.56	2.53	2.84
		116				68 (59%)					3.48			

* Statistical values for all data (not shown for 1 person or less)

(各年度の7月と1月)を実施した。2006年3月の試験開始以降の累計受験者数は116名、再認証も含めた合格基準に達した者は延べ68名となった。

NDIS 0603 上で PD 資格更新の最大期間は5年と規定されていることから、2010年度より再認証試験を実施している。2015年度にはPD資格試験開始時にPD資格を取得してから10年目の再認証受験申請があった。また既報の通り、試験を開始して数年間でPD資格保有者の必要数がある程度充足されたことから、2008年度以降はほぼ一定の受験者数で推移している[3]。Table 1より、再認証試験の合格率[85%]は、全受験者の合格率[59%]より高く、探傷技量が維持できているものと考えられる。

2.2 PD 資格試験受験者の探傷結果

過去13年間の合格者及び不合格者のRMSEと測定誤差の平均値の関係を示したものがFig.2である。Fig.2中の横の点線は、PD資格試験の合格判定基準の一つである「測定したSCC深さ及び真とする深さのRMSEは、3.2mmを超えないこと」を示す。既報の通り、不合格者の測定誤差の平均値が全般的にプラス側に偏っており、亀裂の先端を適切に見極められていない者は、もう一つの合格判定基準である「4.4mmを超えて下回る結果が一つでもあってはならない」を警戒して過大評価をしているものと考えられる。合格者にもこの傾向が見られており、判定基準が測定結果に影響を与えていることが危惧される。また合格者・不合格者の測定誤差(ここでは、回答値-真とする値とする)の平均値及び標準偏差をTable 2に示す。

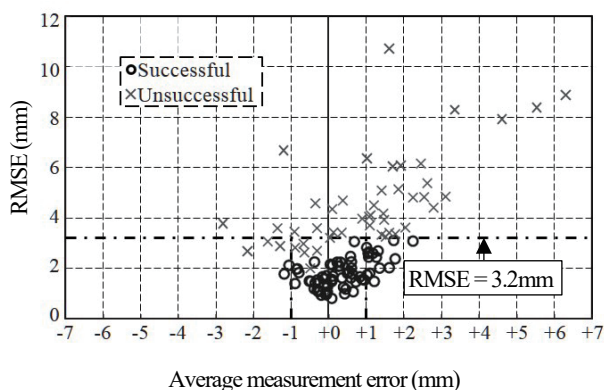


Fig.2 RMSE vs. average measurement error

Table 2 Statistical analysis of PD examination result

Candidate group	Mean of measurement error (mm)	Standard Deviation (mm)
Successful	0.33	1.83
Unsuccessful	0.97	4.79

合格者の誤差平均、標準偏差がそれぞれ0.33mm, 1.83mmで統計的にも適切に計測できていることがわかる。

2.3 PD 資格試験結果と探傷方法

既報の通りPD資格試験受験者の多くは、探傷手順としてフェーズドアレイ法(以下PA法)とPA法を使用しない端部エコー法(以下固定角UT法)を組み合わせた方法(以下、改良UT法)を用いている[1-3]。Fig.4は、PD資格試験実施年度別に用いた探傷手順書の比率を示したものである。既報の通り固定角UT法のみを用いた探傷手順は、PD資格試験初期に数名の受験者がいたのみであ

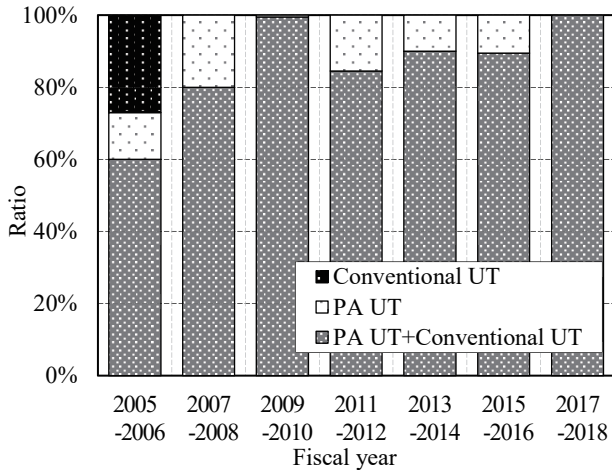


Fig.3 Ratio of UT procedure in each fiscal year

る[3]。最近では安価で高精度のフェーズドアレイ探傷器が市販されるようになってきたことから、PD 資格試験回数が進むにつれて PA 法のみ探傷手順が増えるかと思われていた。しかしながら Fig.3 に示す通り、最近でも依然として改良 UT 法による探傷手順が大半を占めていることがわかる。これは、探傷手順がある程度完成してきていることや、実績のある探傷手順書への信頼があるものと考えられる。

2.4 回答に関する分析

各受験時期における試験体 1 体の探傷時間を統計したものが Fig.4 である。試験開始初期の 2005~2008 年度は、試験体 1 体あたりの探傷時間は平均で 2.5 時間程度であったが、近年 (2015~2018 年度) は 2 時間弱となっており、試験実施年度毎の試験体 1 体あたりの平均探傷時間が短くなる傾向があることがわかる。

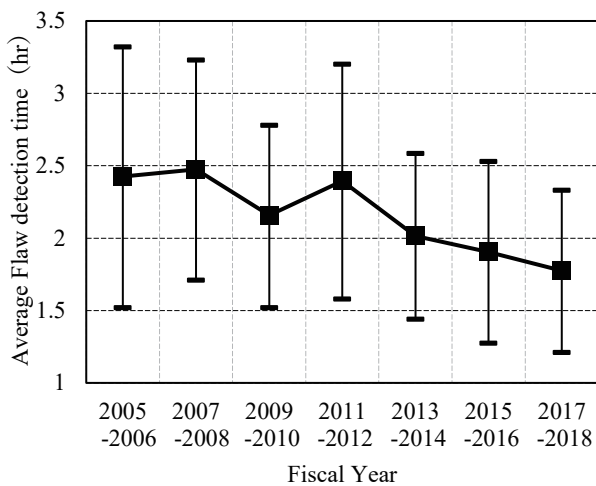


Fig.4 Average test time per specimen for each fiscal year

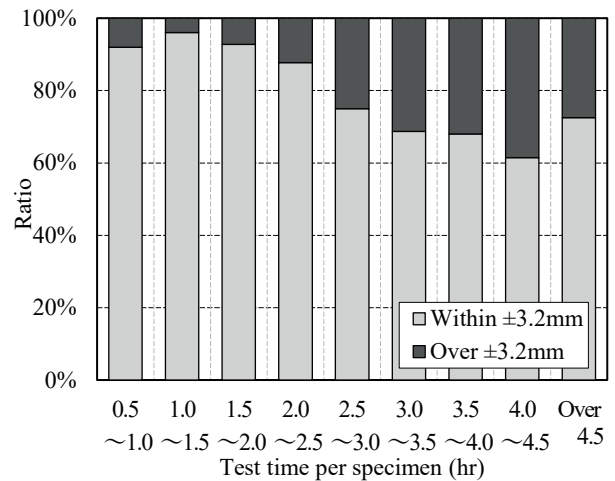


Fig.5 Correct answer rate according to the average test time per test specimen

Fig.5 は、全受験者における試験体 1 体あたりの回答に要する時間と概ね正解と思われる誤差 $\pm 3.2\text{mm}$ の測定値を出した割合を示したものである。試験体 1 体あたりの回答に要する時間が 2 時間程度までは、誤差 $\pm 3.2\text{mm}$ 以内の SCC 亀裂高さ (深さ) を回答する比率が 90%程度であるが、回答に要する時間が 2.5 時間を超えると、 $\pm 3.2\text{mm}$ 超の誤差を出す割合が増加することがわかる。これは、比較的判断の容易な試験体にはすぐに回答するとともに、探傷中に SCC 亀裂高さ (深さ) 測定に悩み始めると、探傷データに対して疑心暗鬼になり、探傷データを正しく解釈できず、結果的に誤差の大きい回答をするケースが増えるためと推察される。

各試験体の厚さ (口径) 別の測定誤差の平均値と標準偏差を纏めたものが Fig.6 である。合格者の誤差平均や標準偏差は、試験体の厚さによらずほぼ一定の値となってい

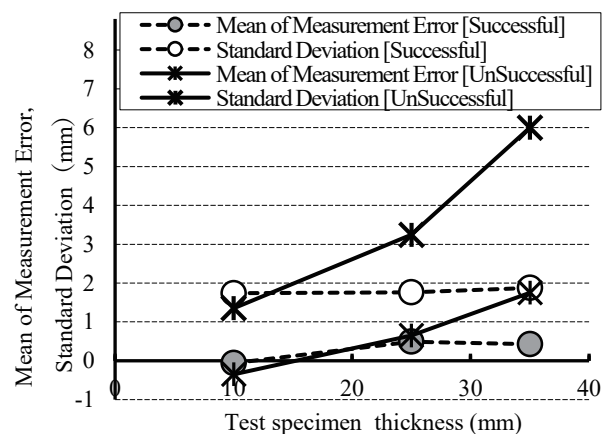


Fig.6 Relationship between mean of measurement error, standard deviation and test specimen thickness

る。これは、合格者はSCC亀裂先端の特定ができており、その測定のばらつきが試験体の厚さに依存していないと考えられる。他方で不合格者は、試験体の厚さの増加とともに測定誤差の平均値も大きくなり、標準偏差も大きくなっている。これは、SCC亀裂先端が見極められない場合により深いSCC亀裂であると解釈してしまう傾向があること、すなわちSCC亀裂先端を見極められていないために、試験体の厚さが厚いほど標準偏差が大きくなっていることを示している。

2.4 PD 資格試験受験者・合格者の年齢

Fig.7は、PD 資格試験受験者数、合格者数及び合格率を年代別に纏めたものである。2012年度のPD 資格試験結果の報告では、30代と40代の受験者数及び合格者数が多く、合格率も高いことを報告した[4]。しかしながら、PD 資格試験初期に30~40代で資格取得した者が、40~50代で再認証試験を受験、合格したこと、新たな20代の受験者は完成度の高い手順書を用い、入念な準備をして合格することで、年代間の合格率の差は小さくなった。

3. まとめ

2006年3月より開始したオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部に対するSCC亀裂高さ（深さ）測定に関するPD 資格試験を、2019年1月までの約13年間で計50回実施した。この間の累計受験者数は116名で、再認証受験者も含めて合格基準に達した者は延べ68名となった。2018年度は2回のPD 資格試験を実施し、受験者4名中

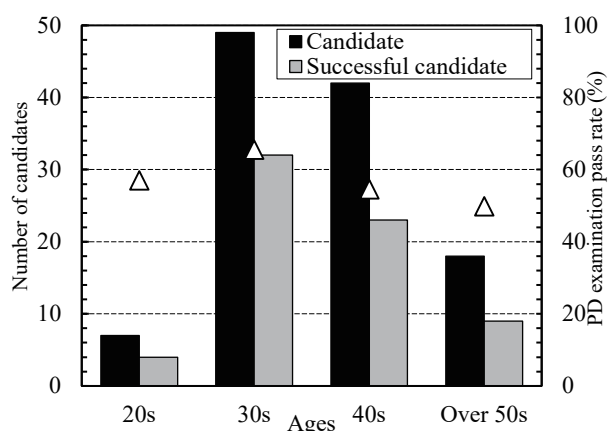


Fig.7 Number of candidates, successful candidates and examination pass rate in each age

3名が合格した。これまでの試験結果の解析で得られた結果、以下のようなことが得られた。

- 1) 2018年度までの合格者の測定誤差の平均値は0.33mm, 標準偏差は1.83mmであり、PD 資格試験合格者が高い精度でSCC亀裂高さ（深さ）を測定していることを確認した。
- 2) PD 資格試験初期に比べて、試験体1体あたりの平均探傷時間が30分以上短縮されている。また、試験体1体あたりの探傷時間が2.5時間を超えると、概ね正解と思われる誤差（真とする値と比べて±3.2mm以内）を得る比率が低下することが分かった。
- 3) PD 資格試験合格者の標準偏差、測定誤差の平均値はほぼ一定で、試験体の厚さに依存しない。一方不合格者は、試験体の厚さが厚くなると標準偏差、測定誤差の平均値が増大する傾向である。
- 4) 近年のPD 資格試験合格者の多くは、40~50代の再認証受験者であることから、受験者の年代別の合格率の差が小さくなりつつある。

参考文献

- [1] 笹原, 直本, 秀, 井上 “SCC 深さ測定の PD 試験受験者の技量評価” 保全学, Vol.9 No.1, p.44, 2010.
- [2] 渡辺, 林, 東海林, 太田 “PD 資格試験開始から10年の実施状況” 第13回保全学会学術講演会予稿集, 横浜, 2016.
- [3] 渡辺, 林, 東海林, 太田 “国内 PD 資格試験の実施状況と今後の展開” 非破壊検査, Vol.66 No.2, p.52-57, 2017.
- [4] 渡辺, 東海林, 秀 “PD 資格試験開始から7年の実施状況” 第10回保全学会学術講演会予稿集, 大阪, 2013.